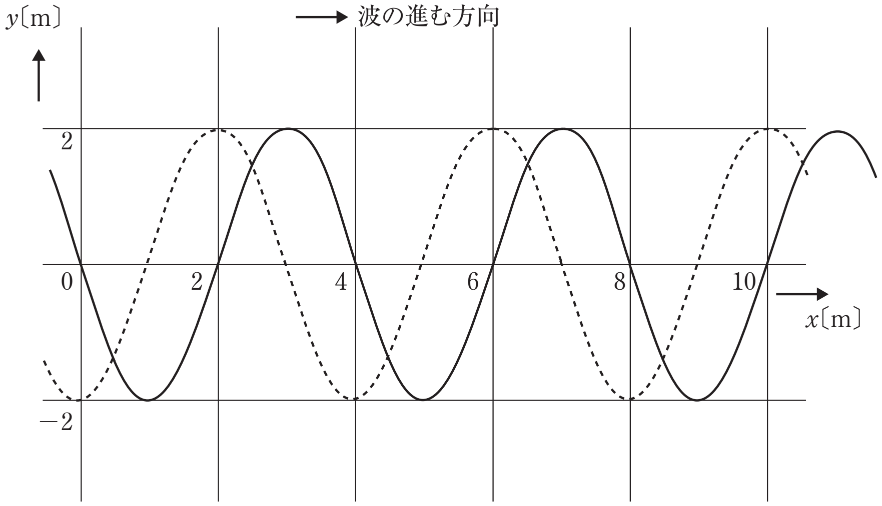
第17講　重ね合わせと定常波，反射

1

次の文を読み，問に答えなさい。

次図の実線波形は，ある媒質中を x 軸に沿って矢印の向きに進む正弦波の $t=0$ での様子を示したものである。実線波形が最初に点線波形のようになるのに 1.5 s かかった。



問1　この波の振幅，波長，周期，振動数，波の伝わる速さは，それぞれいくらか。

問2　$x=2$ m の位置における媒質の変位の時間的変化を，0 ～ 5 s までについてグラフにかきなさい。

次に，$x=10$ m の位置に反射面を設置する。前図で示した波が反射面で固定端反射し，入射波と振幅の等しい反射波が生じ，x の負の向き（左向き）に進むものとする。入射波と反射波とが重なり合うことにより，定常波が生ずる。時刻 t は，位置 0 ～ 10 m の範囲において波動が定常状態に達した瞬間を $t=0$ とするものとする。

問3　周期を T とすると，時刻 $t=\dfrac{T}{4}$，$\dfrac{T}{2}$ での合成波を，$x=0$ ～ 10 m の範囲でグラフにかきなさい。

問4　このとき，時刻に関係なく振動しない点の位置を，$x=0$ ～ 10 m の範囲で求めなさい。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

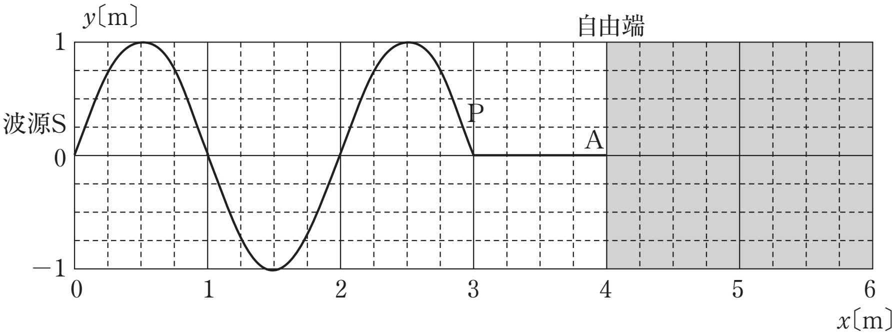
＜ Note ＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

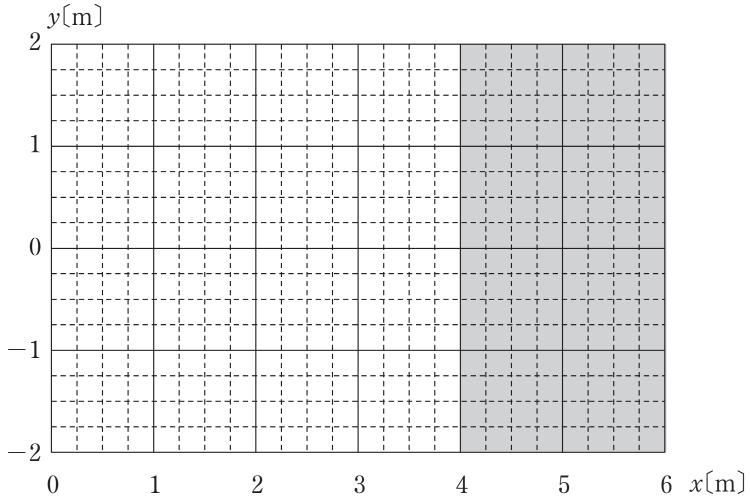
2

［A］　図の $x=0$ の位置に波源Sがあり，$x=4.00$ m にある点Aは自由端である。波源Sは振幅 1.00 m，周期 0.400 s で振動し波を送り出す。図の波形は，波源Sの振動により送り出された波の先端が，点Pに達した時刻のものである。この時刻を $t=0$ [s] として，次の問に答えよ。



問１　この波の波長 λ [m] と速さ v [m/s] を求めよ。

問２　0.450 秒後に観察される波形を，太い実線で描け。ただし，解答を得るために描いた線は，細い線で残してもよい。



問２の解答欄

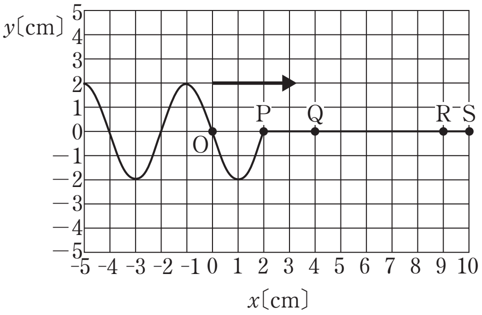
©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS

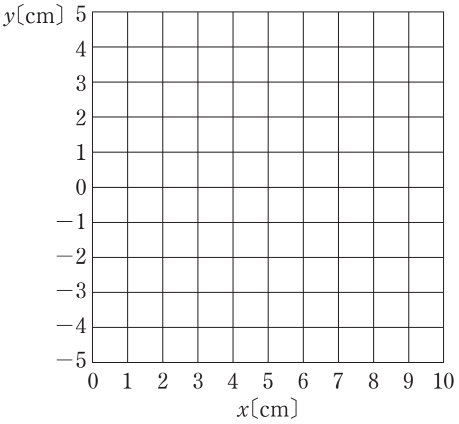
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

［B］ x 軸の負の方向に無限遠まで伸びている正弦波が，x 軸方向に進んでいる。振動の方向を y 軸とする。図は，時刻 $t = 0$ [s] での波の形を示しており，図中の O，P，Q，R，S は x 軸上の位置を表している。また，位置 S は固定端となっている。時刻 $t = 0$ [s] では，この正弦波は x 軸の正の方向に進んでおり，波の先端は位置 P にある。時刻 $t = 2$ [s] のとき，波の先端は位置 Q に達した。以下の問に答えよ。

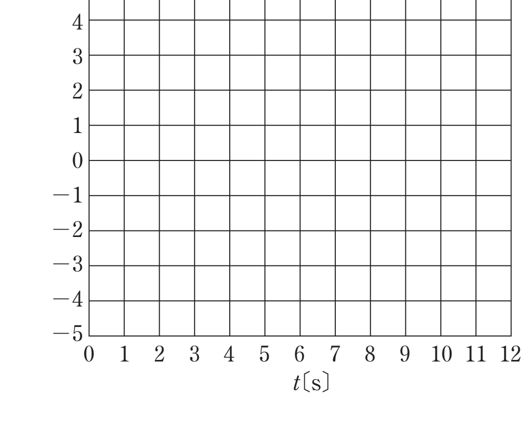


(1) この正弦波の振幅，波長，周期，波の速さを求めよ。

(2) 時刻 $t = 9$ [s] における波の形を 0 [cm] $\leqq x \leqq 10$ [cm] の範囲で図示せよ。



(3) 位置 R における変位 y [cm] を時刻 t [s] の関数として図示せよ。ただし，0 [s] $\leqq t \leqq 12$ [s] とする。



ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

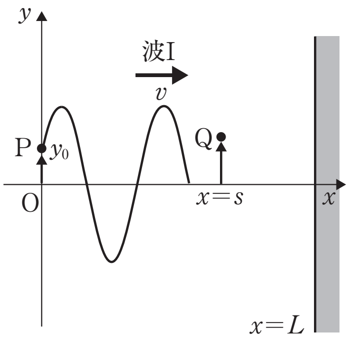
< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

3

図のように，媒質が x 軸に沿って置かれており，原点Oに波源がある。$x=0$ での媒質の位置をP，$x=s$ における媒質の位置をQとする。波源による時刻 t におけるPの変位は $y_0=A\sin(2\pi ft)$ と表され，この振幅 A，振動数 f の単振動は速さ v の正弦波Ⅰとして x 軸の正の向きに伝わっていく。$x=L$ の位置に x 軸に垂直な壁があり，波はこの壁で自由端反射をする。波は減衰することなく伝わり，反射によって減衰することはないものとする。なお $\sin\alpha+\sin\beta=2\sin\dfrac{\alpha+\beta}{2}\cos\dfrac{\alpha-\beta}{2}$ を用いてよい。



(1)　正弦波Ⅰの波長 λ を v と f で表せ。

(2)　①波源を出た波Ⅰが，座標 $x=s$ $(0\leqq s\leqq L)$ に到達するのに必要な時間 t_1 はいくらか。②波Ⅰによる時刻 t におけるQの変位 y_{I} は，時間 t_1 だけ前の時刻 $(t-t_1)$ におけるPの変位に等しいことを用いて，y_{I} を A，f，t，t_1 で表せ。

(3)　①波源を出た波が，壁で反射されて再び座標 $x=s$ に到達するのに必要な時間 t_2 はいくらか。②この反射された波Ⅱによる，時刻 t におけるQの変位 y_{II} を A，f，t，t_2 を用いて表せ。

(4)　座標 $x=s$ に波Ⅱが到達した後は，Qの変位 y は波Ⅰによる変位 y_{I} と波Ⅱによる変位 y_{II} の和となる。この y を s の関数と t の関数の積の形で表せ。

(5)　s が0と L の間で，波Ⅰと波Ⅱとが重ね合わされた波の，①腹になる点での振幅を求めよ。また，②隣り合う腹と腹の間隔を求めよ。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

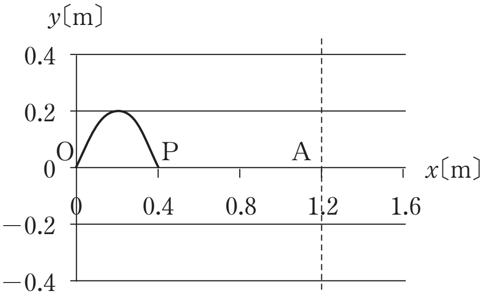
ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 17 講　確認テスト

次の各設問の[　　]に該当する答の番号を解答群から選びなさい。

図の点 O の波源から振幅 0.20m，周期 0.40s の正弦波を送り出した。P はその現在の先端である。波は点 A で自由端反射する。



図

問 1　この正弦波の波長は[1]m である。

解答群

① 0.4　② 0.8　③ 1.0　④ 1.2
⑤ 1.4　⑥ 1.6

問 2　この正弦波の振動数は[2]Hz である。

解答群

① 2.5　② 3.0　③ 5.0　④ 6.5
⑤ 8.0　⑥ 12.0

問 3　この正弦波の速さは[3]m/s である。

解答群

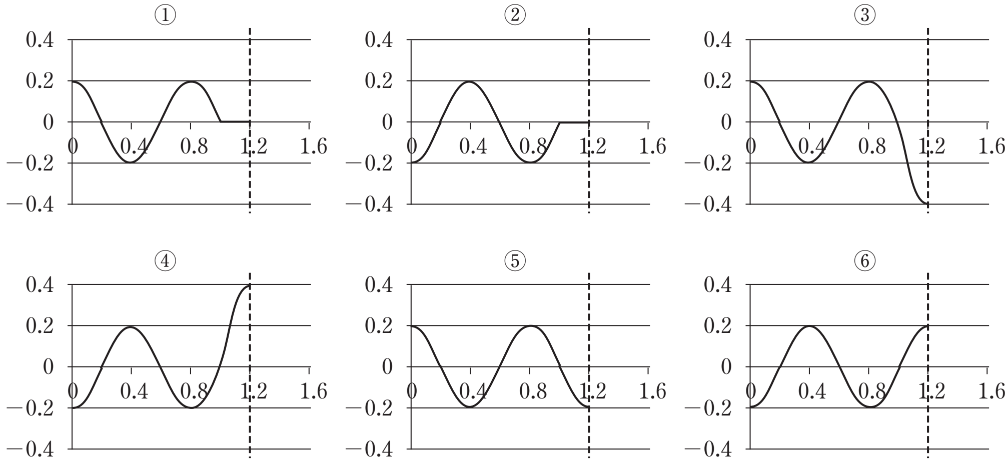
① 1.0　② 1.5　③ 2.0　④ 3.0
⑤ 4.0　⑥ 5.0

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

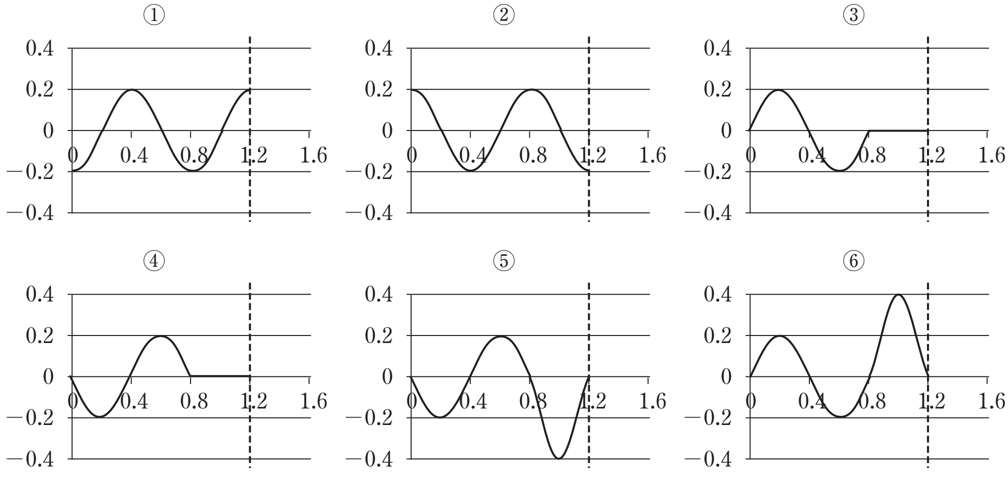
問４　正弦波の先端がＰに達してから 0.50 秒後の自由端反射による入射波と反射波の合成波は［４］である。

［４］の解答群



問５　正弦波の先端がＰに達してから 0.60 秒後の自由端反射による入射波と反射波の合成波は［５］である。

［５］の解答群



ⒸRECRUIT HOLDINGS

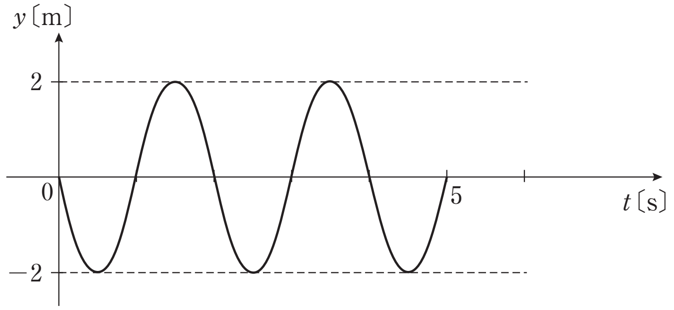
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 17 講　解答

1

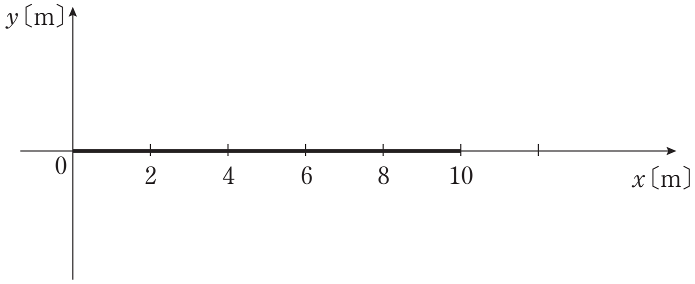
問１　振幅 2［m］，波長 4［m］，周期 2［s］，振動数 0.5［Hz］，波の伝わる速さ 2［m/s］

問２

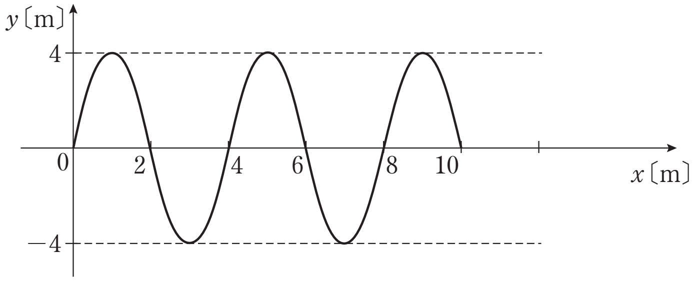


問３

$t=\frac{T}{4}$ のとき



$t=\frac{T}{2}$ のとき



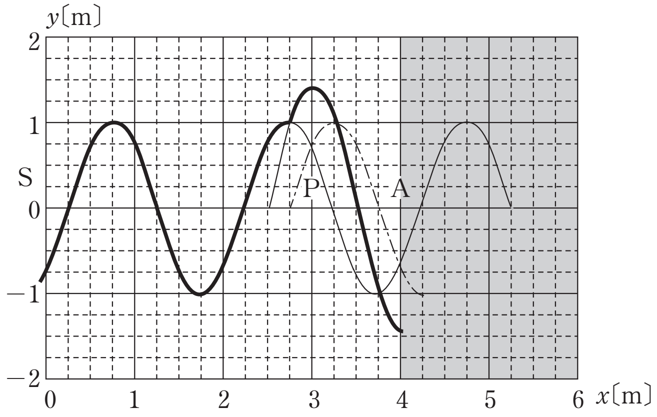
問４　0［m］，2［m］，4［m］，6［m］，8［m］，10［m］

2

［A］

問１　$\lambda=2.00$［m］，$v=5.00$［m/s］　　　問２　次図

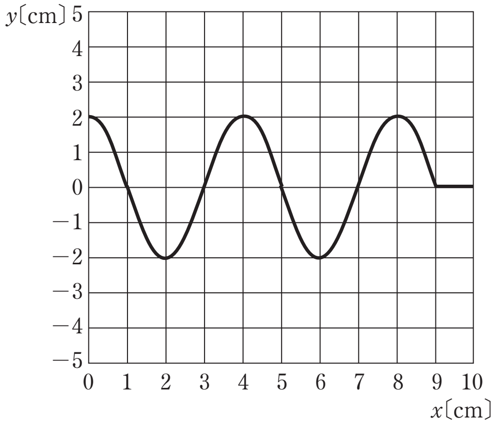
©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。



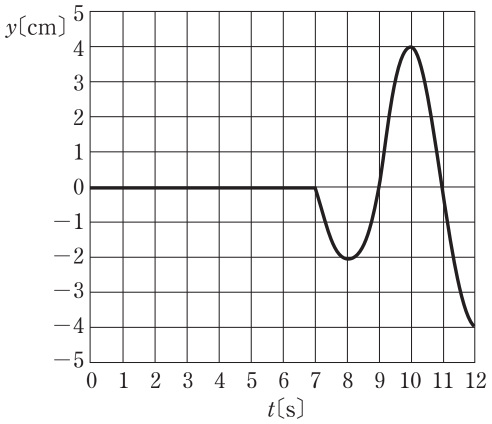
［B］

(1)　振幅 2［cm］，波長 4［cm］，周期 4［s］，波の伝わる速さ 1［cm/s］

(2)



(3)



3

(1)　$\lambda=\dfrac{v}{f}$

(2)　①　$t_1=\dfrac{s}{v}$　　②　$y_{\mathrm{I}}=A\sin(2\pi f(t-t_1))$

(3)　①　$t_2=\dfrac{2L-s}{v}$　　②　$y_{\mathrm{II}}=A\sin(2\pi f(t-t_2))$

(4)　$y=2A\sin\left(2\pi f\left(t-\dfrac{L}{v}\right)\right)\cos\left(2\pi f\left(\dfrac{L-s}{v}\right)\right)$

(5)　①　$2A$　　②　$\dfrac{v}{2f}$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 17 講　確認テスト

【解答】

1　②　　2　①　　3　③　　4　④　　5　④

【解説】

問 1

図より，波長 λ は

$$\frac{\lambda}{2} = 0.4 \qquad \therefore \ \lambda = \mathbf{0.8}\ [\mathrm{m}]$$

問 2

周期 $T = 0.40$ [s] ゆえ，振動数 f は

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.40} = \mathbf{2.5}\ [\mathrm{Hz}]$$

問 3　速さ v は

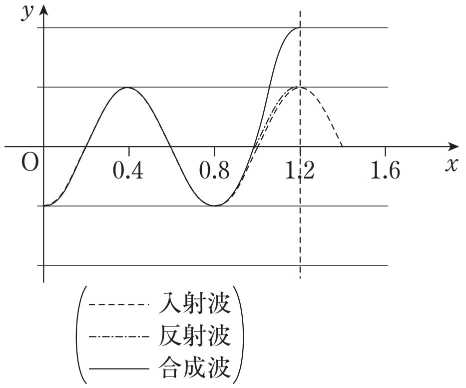
$$v = f\lambda = 2.5 \times 0.8 = \mathbf{2.0}\ [\mathrm{m/s}]$$

問 4　$T = 0.40$ ゆえ，

$$t = 0.50 = 0.40 + 0.10 = T + \frac{1}{4}T$$

よって，P に達した後，波が $\frac{1}{4}\lambda$ だけ進んだ状態 !!

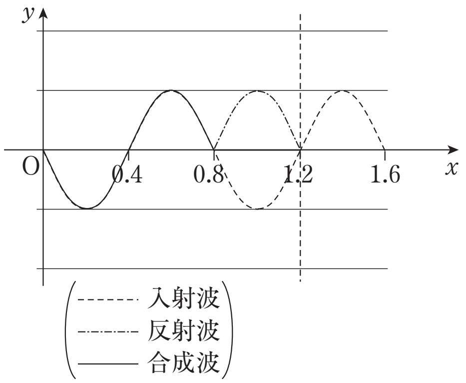
ゆえに波の様子を描くと右の様になる。



問 5

$$t = 0.60 = 0.40 + 0.20 = T + \frac{1}{2}T$$

P に達した後，波が半波長進んだ状態を考える！



ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。